

CLIPPEDIMAGE= JP411089274A

PAT-NO: JP411089274A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11089274 A

TITLE: METHOD OF DRIVING SENSORLESS BRUSHLESS DC MOTOR

PUBN-DATE: March 30, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SUGIHARA, KOICHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

OSADA RES INST LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP09238435

APPL-DATE: September 3, 1997

INT-CL (IPC): H02P006/18

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform the rotation of a sensorless brushless DC motor without delay in control time and accurately.

SOLUTION: The revolution control is performed without a rotor's position sensor, by detecting the zero cross of counter electromotive force generated in drive coils W1-W3 from a rotor R (L1 sens, L2 sens, and L3 sens) so as to forecast the position of the rotor R, generating the motor drive voltage pulses (L1+, L1-, L2+, L2-, L3+, and L3-) synchronized with it by one-chip microcomputer 5, and giving them to the motor coils W2-W3. The velocity detection capacity at low velocity can be raised by using the zero cross as motor driving pulses from the zero cross of the counter electromotive force of

all three phases generated by the rotation of the rotor by  
counters

5<SB>1</SB>-5<SB>3</SB>.

COPYRIGHT: (C) 1999, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-89274

(43)公開日 平成11年(1999) 3月30日

(51)IntCl<sup>6</sup>

H 0 2 P 6/18

識別記号

F I

H 0 2 P 6/02

3 7 1 T

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平9-238435

(22)出願日 平成9年(1997) 9月3日

(71)出願人 000150871

株式会社長田中央研究所

東京都品川区西五反田五丁目20番16号

(72)発明者 杉原 宏一

東京都品川区西五反田5丁目17番5号 株

式会社長田中央研究所内

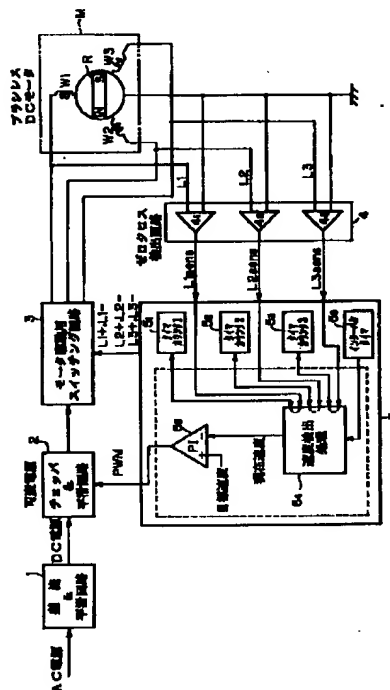
(74)代理人 弁理士 高野 明近 (外1名)

(54)【発明の名称】 センサレス・ブラシレス直流モータの駆動方法

(57)【要約】

【課題】 センサレス・ブラシレス直流モータの回転を、制御時間遅れなく、高精度に行う。

【解決手段】 回転子Rより駆動コイルW1~W3に発生される逆起電力のゼロクロスを検出(L1sens, L2sens, L3sens)して回転子Rの位置を予測し、それに同期したモータ駆動電圧パルス(L1+, L1-, L2+, L2-, L3+, L3-)をワンチップマイコン5により生成し、モータコイルW1~W3に与えることにより、回転子位置センサレスで回転制御を行う。カウンタ51~53により回転子の回転により発生される三相全部の逆起電力のゼロクロスからゼロクロスをモータ駆動パルスとして使用することにより、低速時の速度検出能力を向上させることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の角度間隔をもって配設された複数の駆動コイルと、該駆動コイルへの通電によって回転される磁極回転子より成り、前記複数の駆動コイルに順次通電することによって前記磁極回転子を回転させるブラシレス直流モータにおいて、始動時は、前記駆動コイルを順次励磁して低速の回転磁界を発生させて前記磁極回転子を回転させ、所定回転数に達した後は、前記磁極回転子の回転により前記駆動コイルに発生される逆起電力のゼロクロスからゼロクロスまでを検出して該磁極回転子の回転位置を予測し、該予測位置に応じて前記駆動コイルを励磁して前記磁極回転子を同期回転するようにしたことを特徴とするセンサレス・ブラシレス直流モータの駆動方法。

【請求項2】 前記逆起電力のゼロクロスからゼロクロスまでの時間計測を、全相について行い、全相について、前記予測位置に応じて駆動コイルを励磁するようにしたことを特徴とする請求項1に記載のセンサレス・ブラシレス直流モータの駆動方法。

【請求項3】 サンプリング周期毎にサンプリング制御周期時間分の速度低下予測を行い、この予測に基づいて、フィードバック制御を行うことを特徴とする請求項1又は2に記載のセンサレス・ブラシレス直流モータの駆動方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、センサレス・ブラシレス直流モータの駆動方法、より詳細には、始動時には、駆動コイルを順次励磁して低速の回転磁界を発生させ、該回転磁界に追従して磁極回転子を回転させ、始動後は、該磁極回転子の回転によって前記駆動コイルに発生される逆起電力のゼロクロスからゼロクロスまでを検出して該磁極回転子の回転位置を予測し、この予測位置に基づいて前記駆動コイルを励磁することにより、前記磁極回転子を同期回転させるようにしたものである。

## 【0002】

【従来の技術】図7は、ブラシレス直流モータの基本原理を説明するための図で、図中、Rは磁極回転子（ロータ）、W1～W3はモータの駆動コイル（ステータコイル）、H1～H3はホール素子、Q1～Q3はトランジスタで、ブラシレス直流モータは、図示のように、磁極回転子Rを有し、その回転子Rの位置（磁極）を無接触で検出し、その検出信号に基づいて駆動コイルに駆動パルスを順次印加する直流モータである。回転子Rの位置を無接触で検出する方法としては、空間を伝搬する光、音、電界、磁界、熱などを検出する方法等、種々あるが、図7には、電界を検出するホール素子を用いる例が示してある。

【0003】図7において、Mは回転機構部で、該回転機構部の構造は、回転部分と固定部分に大別でき、回転

部分は、磁極回転子Rと、外部にトルクを伝達するシャフト（図示せず）から構成され、固定部分は、磁極回転子Rとの相互作用により該磁極回転子Rに回転トルクを発生させるコイルW1～W3と、磁極回転子Rの磁極（位置）を検出するホール素子H1～H3から構成されている。

【0004】図7において、いま、ホール素子H1が回転子Rの磁極のNを検知すると、トランジスタQ1がオンし、電源Eから矢印のように電流が流れ、コイルW1に磁極Sができる。すると、回転子の磁極Nが引き付けられ、回転子Rは矢印の方向に回転する。すると、ホール素子H2が回転子Rの磁極のSを検知して、トランジスタQ2がオンする。今度は、電源EからQ2を通してコイルW2に電流が流れ、磁極Sができ、回転子のNが引き付けられ、回転子は更に矢印の方向に回転する。以下、順次、これを繰り返し、回転子Rは回転を続ける。

【0005】上述のように、ブラシレス直流モータにおいては、回転子の位置を検知することが必要であり、そのため、位置センサを必要とし、更には、該センサのための配線を必要とし、特に、小型の直流モータを使用したい場合において、これらセンサの配設やそのための配線はモータの小型化を防げる大きな要因となっていた。

【0006】上述のごときブラシレス直流モータにおけるセンサの使用をなくすための一手段とし、現在、磁極回転子の位置検出にCPUを使用し、モータコイルに発生する逆起電力のゼロクロス（逆起電力がマイナスからプラスもしくはプラスからマイナスに移り変わる場所）を検出した後、タイマを使用して回転子の位置を予測して駆動用のスイッチングパルスを出力することが行われている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述のごとく、磁極回転子の位置検出にCPUを用い、モータコイルに発生する逆起電力のゼロクロスを検出した後、タイマを用いて回転子の位置を予測し、駆動用のスイッチングパルスを発生する場合、特に、低速回転時、負荷発生等によって回転速度が低下した場合に、速度計測時間遅れによって、前記回転速度低下に対するフィードバック制御が遅れ、磁極回転子の回転を時間遅れなく、高精度に制御することができなかった。

【0008】本発明は、上述のごとき実情に鑑みてなされたもので、特に、センサレス・ブラシレス直流モータの回転を、制御時間遅れなく、高精度に行うことを目的としてなされたものである。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、所定の角度間隔をもって配設された複数の駆動コイルと、該駆動コイルへの通電によって回転される磁極回転子より成り、前記複数の駆動コイルに順次通電することによって前記磁極回転子を回転させるブラシレス直流モータに

において、始動時は、前記駆動コイルを順次励磁して低速の回転磁界を発生させて前記磁極回転子を回転させ、所定回転数に達した後は、前記磁極回転子の回転により前記駆動コイルに発生される逆起電力のゼロクロスからゼロクロスまでを検出して該磁極回転子の回転位置を予測し、該予測位置に応じて前記駆動コイルを励磁して前記磁極回転子を同期回転するようにしたことを特徴とし、もって、フィードバック制御の時間遅れをなくし、高精度に回転制御できるようにしたものである。

【0010】請求項2の発明は、請求項1の発明において、前記逆起電力のゼロクロスからゼロクロスまでの時間計測を、全相について行い、全相について、前記予測位置に応じて駆動コイルを励磁するようにしたことを特徴としたものである。

【0011】請求項3の発明は、請求項1又は2の発明において、サンプリング周期毎にサンプリング制御周期時間分の速度低下予測を行い、この予測に基づいて、フィードバック制御を行うことを特徴としたものである。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は、本発明によるセンサレス・ブラシレス直流パルスモータ駆動回路の一例を説明するための要部構成図で、図中、1は交流(AC)電源からの交流電圧を整流・平滑して直流(DC)電圧に変換する整流・平滑回路、2は前記直流電圧を断続するチョップ及び平滑回路を有する可変直流電圧源、3はモータ駆動用スイッチング回路、Mはブラシレス直流モータ、4はゼロクロス検出回路、5はワンチップマイコンで、ブラシレス直流モータMは、図示例の場合、等角度間隔に配設された3つの励磁コイルW1、W2、W3から成り、L1、L2、L3は、磁極回転子Rが回転することによってこれら励磁コイルW1、W2、W3に発生される逆起電力を表わしている。

【0013】図2は、前記励磁コイルW1、W2、W3に発生される逆起電力L1、L2、L3、及び、これら逆起電力L1、L2、L3のゼロクロスからゼロクロスまで(図示例の場合、-電圧から+電圧に変わる時のゼロクロスから+電圧から-電圧に変わる時のゼロクロスまで)のゼロクロス検出信号L1sens、L2sens、L3sens及び、これらゼロクロス検出信号によって形成されるスイッチング信号L1+、L1-; L2+、L2-; L3+、L3-を示す。

【0014】図3は、図1に示したモータ駆動用スイッチング回路3内の詳細図で、図中、S1+、S1-; S2+、S2-; S3+、S3-は、それぞれ、図2に示したスイッチング信号L1+、L1-; L2+、L2-; L3+、L3-によって、オン、オフ制御されるスイッチで、例えば、図2において、T2、T3期間内に着目すると、L1+によってスイッチS1+がオンであり、L2-信号によってスイッチS2-がオンであり、この時、電流は矢印I12方向に流れている。その間に、

L3-信号によってスイッチS3-がオンとなり、電流は矢印I13方向にも流れ、磁界が矢印M1方向に移動し始め、次いで、信号L2-によってスイッチS2-がオフされ、コイル電流はI23のみとなる。

【0015】次いで、T3、T4期間において、まず、信号L2+によりスイッチS2+がオンし、コイルW2とW3に矢印I23方向の電流が流れ、コイルW3にも電流が流れる。次いで、信号L1-によってスイッチS1-が閉じ、コイルW1にも電流I21が流れる。以降、同様に、スイッチが切り換わり、電流は、①I12、②I12+I13、③I23、④I23+I21、⑤I31、⑥I31+I32、⑦I12と繰り返し、回転磁界がM方向に発生し、磁極回転子Rは、該回転磁界Mに追従して回転し、各モータコイルW1~W3に、図2に示したように、逆起電力を順次発生する。

【0016】図1に示したワンチップマイコン5において、51~53はタイマ(カウンタ)、54は速度検出処理部、55はPI制御部で、カウンタ51は、ゼロクロス検出信号L1sensの立上り及び立下りの変化をソフトウェアにて検出し、そのタイミングにて、カウントをスタート/ストップすることにより、L1sensの立上り/立下り間の時間を計測する。同様に、カウンタ52は、ゼロクロス検出信号L2sensの立上り/立下り間の時間を計測し、カウンタ53は、ゼロクロス検出信号L3sensの立上り/立下り間の時間を計測し、この計測時間により、ブラシレス直流モータの現在の回転速度を速める。このようにして、3相全部について時間計測することにより、現在の回転速度をより迅速にかつ正確に測定することができる。

【0017】図4は前述のようにして、L1sens、L2sens、L3sens全部を測定する理由(作用効果)を説明するためのタイムチャートで、L1sensによってはA期間或いはB期間をカウントすることができ、これによって、A期間又はB期間の時間T1をa時点又はb時点で計測することができ、これより、モータの回転速度を計測することができる。この場合、1相の信号(L1sens)の変化(1回転)A、Bは、同一のセンサによる検出なので、バラツキは小さい。しかし、他の相との関係では、センサ位置等の誤差が入り込み、速度検出誤差が増大する。そのため、L2sens、L3sensをも利用して同様に測定すれば、c又はd時点、及びe又はf時点でも測定することができ、T3時間毎にモータの回転速度を検出することができる。このように3相全部について、別々に計測することにより、モータ速度を検出できる時間が早くなり(図4において、T3=T1/3となり、1相の場合に比して3倍早くなる)、速度検出に遅れがなく速度制御の応答性を早くすることができる。このことは、特に、低速回転時に有効である。上述のようにしてモータの現在の回転速度を迅速、かつ、正確に検出し、PI(比例積分)

5

制御部5sにより制御する。

【0018】上述のように、低速時、速度計測時間が遅いと、負荷発生により速度が低下したことの検出が遅れ、そのために速度を目標に戻すための制御電圧アップのタイミングが遅れてしまい、速度低下の大きさが大きくなり、低速時は停止につながるが、位相余裕がないのでゲインも大きくできず、ハンチングしやすくなるが、図5に示すように、サンプリング制御周期毎に、サンプリング制御周期時間分の速度低下予測を行うことにより、実際の速度低下を検出するよりも早く速度低下を検出して速度フィードバック制御を行うことにより、応答性を向上させることができる。

【0019】図5は、前記サンプリング制御の例を説明するためのタイムチャートで、インターバルタイム5sより割り込みをかけ（図5（A））、インターバルタイム5sの周期Tでサンプリング制御を行うとともに（図5（B））、現在速度より、前回の計測に基づく検出時間を予測し、予測時間が経過した時は、ワンチップマイコンにより、前記周期T期間における速度低下 $\Delta V$ を演算し（図5（D））、各周期Tごとにこの $\Delta V$ の低下を予測し、今回の計測時間を前もって求め、これにより、速度フィードバックの応答性を高めている。

【0020】更に、本発明においては、図1に示したチョッパ及び平滑回路2により、モータの制御を下げ、電流の流れ過ぎを防止するようにしている。図6は、上述のごとき電流の流れ過ぎ防止を説明するための図で、ブラシレス直流モータは電氣的時定数が非常に小さく、通常のPWM（オン/オフ）制御のみでは、電流値（L1電流）が最大値（DC電源電圧時）L1Aまで上がってしまう。そこで、制御（指令）電圧の大きさをチョッパ及び平滑回路2で下げ、モータに流れる電流L1をL1Bに下げる（指令電圧が低いので、電流値も下がる）。

【0021】以上には、モータが回転している時の制御について説明したが、最初に、磁極回転子Rを回転させるには、駆動コイルW1、W2、W3に順次電流を流して回転磁界を発生させ、この回転磁界により磁極回転子Rを回転させ、この磁極回転子Rの回転によってモータコイルW1、W2、W3に発生する逆起電力を用い、前述のように、磁極回転子（ロータ）を同期回転させる。なお、モータの回転速度は、チョッパ及び平滑回路の断続周期を変えて、直流電圧を変えることで制御する。

【0022】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明によると、始動時は、低速の回転磁界を発生させ、回転を始めたのちは、回転子より回転時に発生される逆起電力のゼロクロスを検出（L1sens、L2sens、

6

L3sens）して回転子位置を予測し、それに同期したモータ駆動電圧パルス（L1+、L1-、L2+、L2-、L3+、L3-）をワンチップマイコン5により生成してモータコイルに与えることにより、回転子位置センサレスで回転制御を行うものであり、特に、回転子の回転により発生される三相全部の逆起電力のゼロクロスからゼロクロス（T1からT4、T4からT1、T2からT5、T5からT2、T3からT6、T6からT3）をモータ駆動パルスとして使用することにより、速度センサ無しで速度サーボ制御を行うことができ、低速時の速度検出能力を向上させることができる。

【0023】低速時、速度計測時間遅れによる負荷発生時等の速度低下に対するフィードバック制御遅れを、ワンチップマイコンにより、サンプリング制御周期毎にサンプリング制御周期時間分の速度低下予測演算を行うことにより、実際に速度低下を検出するよりも早く速度低下を検出することができ、速度フィードバック制御の応答性を向上させることができる。

【0024】ワンチップマイコンにより、チョッパ回路を制御してモータ制御電圧を可変制御することにより、速度サーボ制御／電流制御を行っており、これにより、電流の流れ過ぎを防止し、的確なる速度制御が行われ、負荷変動に対するトルク応答を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明によるセンサレス・ブラシレス直流パルスモータ駆動回路の一例を説明するための要部構成図である。

【図2】 モータの各巻線に発生させる逆起電力及びそのゼロクロス検出信号及び該検出信号から生成されるスイッチング信号を示す図である。

【図3】 図1に示したモータ駆動用スイッチング回路の動作説明をするための図である。

【図4】 各ゼロクロス信号の時間の求める理由を説明するための図である。

【図5】 サンプリング制御の例を説明するための図である。

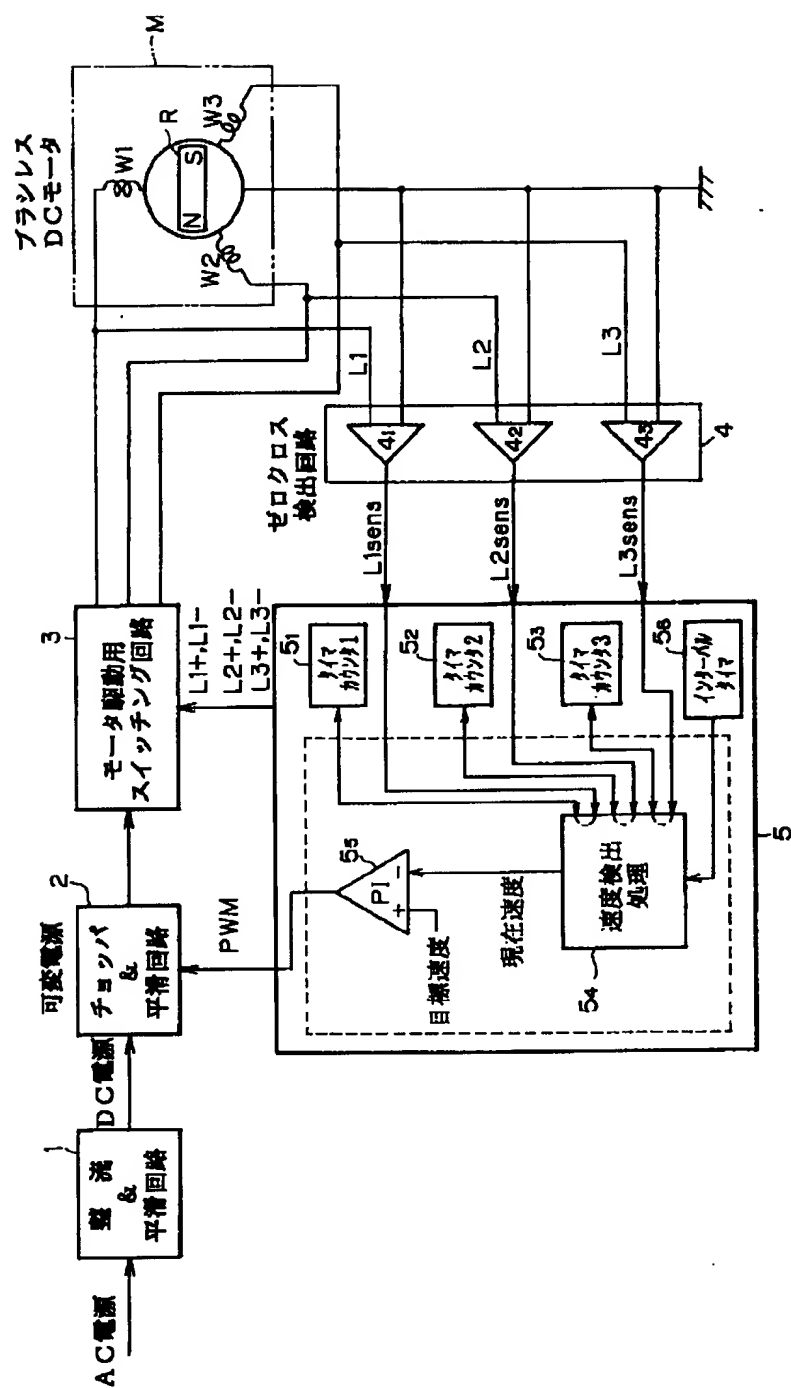
【図6】 電流の流れ過ぎを防止する例を説明するための図である。

【図7】 ブラシレス直流モータの基本原理を説明するための図である。

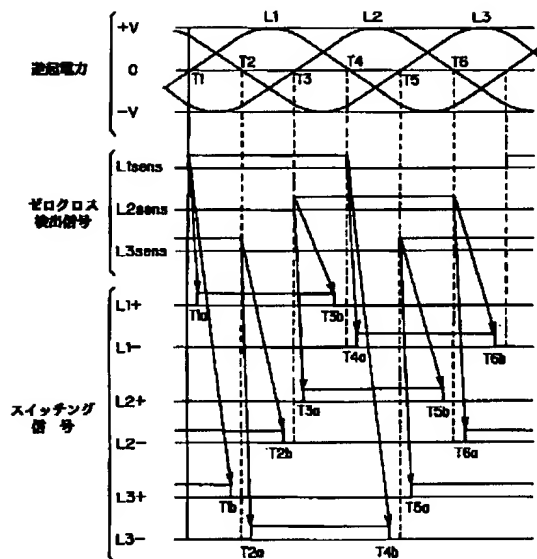
【符号の説明】

1…整流・平滑回路、2…チョッパ・平滑回路、3…モータ駆動用スイッチング回路、4…ゼロクロス検出回路、5…ワンチップマイコン、M…モータ、R…磁極回転子（ロータ）、W1～W3…モータの駆動コイル（ステータコイル）。

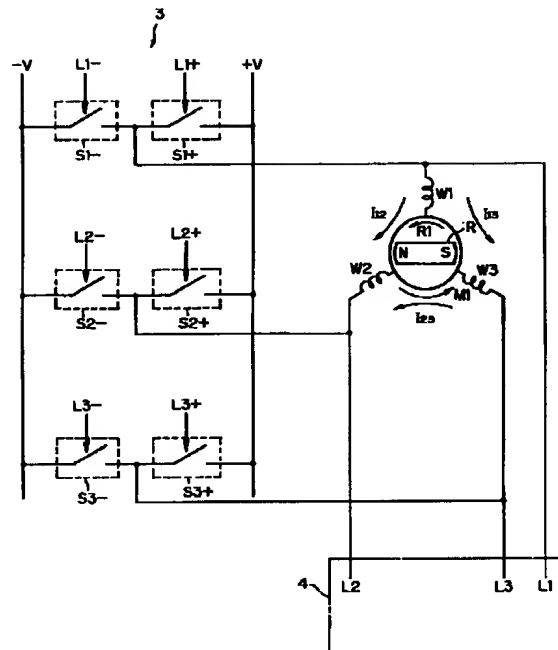
【図1】



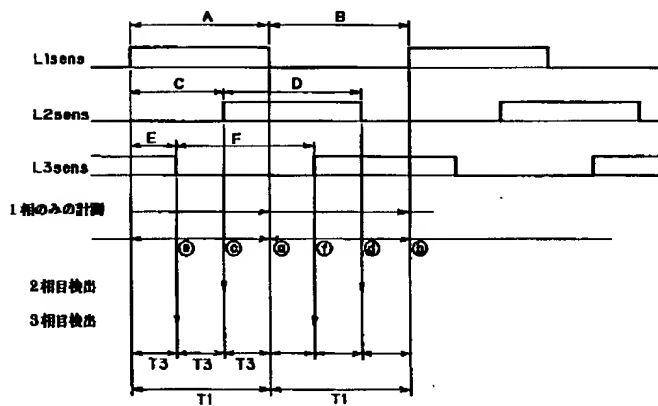
【図2】



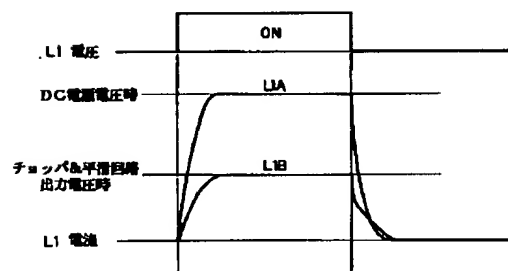
【図3】



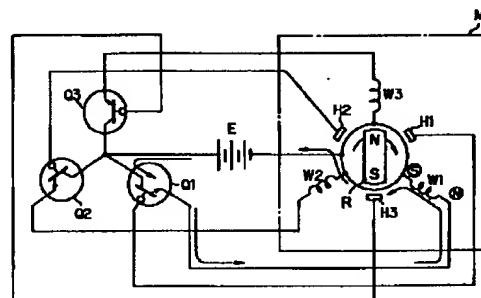
【図4】



【図6】



【図7】





【図5】

